

## 形状記憶合金の新たな応用展開

形状記憶合金協会 編

これまでの形状記憶合金の応用は医療デバイスが中心であったが、最近は福祉分野から土木・建築分野などこれまでになかった分野への進出が見られる。本稿では新しい応用分野や医療デバイス関係の新しい応用例と今後の展開について述べる。

### はじめに

形状記憶合金の開発とその応用の発展に関しては、本誌でも2004年と2012年に特集として取り上げられてきた。しかしここ数年、鉄系、銅系などの新合金の実用化、福祉分野、建設分野などにおける新たな実用例の登場とともに、新しい応用分野の開拓に関する研究開発も活発化している。

本稿では新たな応用に関して形状記憶合金協会の会員企業の開発を中心に紹介する。

### 福祉器具への応用

形状記憶合金の超弾性を利用して「夢の腰サポーター」(図1)を開発し、2016年7月から販売



図1 夢の腰サポーター。

を開始した。本サポーターは、形状記憶合金の支柱を体幹の両側に配置できるように3本のベルトを取り付けたシンプルな形状である。また、Φ1.5超弾性直線記憶材を6本束ねた支柱が両脇に3本ずつ、計6本装着できるようになっており、直線記憶材の本数を調整することにより、希望するサポート力に調整できるようになっている。

本サポーターを装着すると背筋を伸ばした正しい直立姿勢を取りやすくなり、長時間の立ち仕事での疲労低減が期待できる。また腰を曲げたときに形状記憶合金の支柱がしなやかに大きく曲がり、支柱が上体を起こそうとし続けることにより腰の負担を軽減する。通常の金属では曲げれば曲げるほど応力が大きくなり腰を曲げるために大きな力が必要になってしまう。本サポーターは、ひずみ1%程度から曲げによる発生力が一定な、超弾性特性を生かした商品で、形状記憶合金だからできた装具である。

当初、農作業や介護作業をされる方が無理な前屈姿勢をとっても腰の負担を軽減できるものを開発する目的で産学官連携により生まれた商品であり、大阪府のウェルネスバレーブランド認定商品でもある。

しかし販売活動を展開していくにつれ、当初想定していたことと違う以下のような声があった。

- ①従来のコルセットは腰回りを固定するため、装着してしゃがむ姿勢を取ることができないが、夢の腰サポーターは腰を保護しながらもしゃが

む姿勢が取れるメリットが大きい。

②夢の腰サポーターのフィッティングは体型だけでなくどのような動作が多いかを考慮する必要がある。例えば同じ身長でも長時間腰を曲げ続ける作業をおこなう方は形状記憶合金の支柱が長めのほうが使用感が良い傾向があり、逆に曲げ起こしを頻繁に行う作業をおこなう方には形状記憶合金の支柱が短めのほうが使用感が良い傾向があることがわかった。

③当初は農業、介護に携わる方が無理な姿勢をとる際にかかる腰の負担の低減をPRしていたが、2017年3月にNHKで放送されてからもっと重いものを扱う業種（鉄鋼業・運送業など）からもお問い合わせをいただいた。その中でもっとサポート力の高い製品がないかという声をいただいた。

本サポーターは、着用しながら動くことができることは大きなメリットであると理解したが、それゆえにもっとサポート力が欲しいという要望が多いことがわかった。そのため、さらなる改良としてサポート力向上の検討をした。

「夢の腰サポーター」は支柱が一定の力で大きく曲がり、一定の力で元の形状に戻ろうとする超弾性特性を有する形状記憶合金だからできたものである。サポート力を上げるために単純に支柱の曲げ強度をあげても、今度は腰を曲げる際に力が必要になり、結果として腰が楽にならない。上半身の重みと少しの力で楽に支柱が曲がる範囲で、上体を起こそうとする力をできるだけ強くする必要があるため、支柱の曲げによる発生力の調整が



図2 夢の腰サポーターの超弾性線材支柱。

非常に重要である。

現在の支柱（図2）は $\phi 1.5$ 超弾性材を6本束ねて形成している。これを $\phi 1.8$ 超弾性材を5本束ねたものに変更することで、支柱やベルトの製造工程を大きく変えず曲げによる発生力を上げることができ、サポート力の調整幅が広がるのではないかと考えた。実際に作成した $\phi 1.8$ 超弾性材を5本束ねた支柱の曲げによる発生力は $\phi 1.5$ 超弾性材を6本束ねた支柱の曲げによる発生力のおよそ1.2倍であることがわかった。

ただ、一般に線材が太くなると、細い線材と比較して繰り返し曲げ伸ばしをすると線材が折れやすくなる。そのため、実用範囲で曲げたとき支柱の線材が何回で折れるかを測定した。 $\phi 1.8$ 超弾性材を6本束ねた支柱に対し、線材が $\phi 1.5$ 材と同様の曲率になるような、ひずみ約1.2%で繰り返し曲げ伸ばし試験をおこなった結果、10万回以上繰り返し曲げ伸ばしをおこなっても支柱の線材は破断しなかった。この結果より、サポート力を増強した $\phi 1.8$ 材を用いた支柱も、十分な疲労寿命を有していることが明らかになった。

実際に使用してみると、すべての支柱を $\phi 1.8$ 超弾性材5本を束ねた支柱に変更すると腰を曲げようとした際に「硬さ」を感じ、腰を曲げるのにある程度大きな力が必要なレベルの発生力が得られた。そのため新たな支柱を用いることで、「硬さ」を感じられる程度まで曲げによる発生力を増加させることが可能となる。これは今後の販売展開において非常に有用である。

本サポーターのサポート力向上のための新たな支柱の開発により、サポート力の調整範囲を拡大することができ、個人の体型・動作に合わせて最も楽に感じる支柱の組み合わせを調整しやすくなったり。今まででは「硬すぎる」と感じるレベルまでの発生力が得られなかったため、超弾性の一定の力でやさしくサポートする感覚をご理解いただきにくかった。しかし、今後はサポート力が強ければよいわけではないことも理解していただきやすくなったり。また、サポート力が上がることにより体へ接触している部分に「あたり」が強くなる事例

が新たに発生した。そのため、 $\phi 1.8$  超弾性材 5 本を束ねた支柱を用いた製品の開発と合わせて、端部に配置するパッドを作成した。今回の支柱のサポート力向上の検討が、本ソポーターの販売促進につながることを期待しており、近日中に商品化を目指している。

形状記憶合金は他の材料にはないユニークな特性を持ち、まだまだ応用可能性を秘めた材料である。今後も形状記憶合金を通じて世の中に役立つ製品を生み出していきたい。

（株）吉見製作所 坂一宏、愛知教育大学 北村一浩）

## 単結晶超弾性合金構造部材の開発と建築・土木構造物への応用展開

1994 年に米ロサンゼルスで大きな被害を出したノースリッジ地震や、阪神・淡路大震災を引き起こした 1995 年の兵庫県南部地震では、震度 7 の極めて強い揺れで高速道路や多くのビルが倒壊した。また、倒壊しなかった多くの建造物が、地震後に損傷や傾きのために取り壊された。さらに、取り壊しを免れた建造物も補修に多大な時間とコストがかかった。

そのため、これらの地震と同程度の揺れが複数回起きた場合でも損傷や変形が残らず、地震直後に利用を再開できる建造物へのニーズが高まっている。そのような中、大きな変形を与えることなく、荷重を除くとすぐに形が元に戻る超弾性合金を、地震時に変形が集中する部位で鋼材の代わりに使おうとする試みが、米国を中心に研究されている<sup>1)</sup>。

超弾性合金の中で現在、最も生産量が多く、カーテンやステントなど医療分野で広く利用されている Ti-Ni 合金は、冷間加工と熱処理を組み合わせた方法で特性を発現する。しかし、建造物の耐震性向上に用いる特殊部材（直径数 cm、長さ数十 cm の棒材）のような太い径の棒材では、十分な冷間加工ができないため、超弾性特性および繰り返し耐久性が劣る。また、建造物への適用時には超弾性合金部材を加工し鋼部材と接合することが必要となるが、Ti-Ni 合金は塑性加工性および切

削加工性が乏しいため、接合するための技術的課題とコスト的課題がある。そのため、高い加工性と Ti-Ni 合金と同等以上の優れた超弾性特性を現実的なコストで実現できる、新しい超弾性合金部材の量産技術の開発が切望されていた。

筆者らが開発中の Cu-Al-Mn 合金は塑性加工や切削加工も容易で、コストの低減が期待できる。しかし、優れた超弾性を得るには結晶粒径を線・棒の直径以上に粗大化させることが必要である<sup>2)</sup>。建築・土木分野では、直径 1 cm 以上の部材が求められるが<sup>1,3)</sup>、通常の結晶粒成長では大きくても数 mm 程度の結晶粒径に留まり、粒界破壊のリスクもある。理想的には粒界のない単結晶が最善だが、一般に、単結晶はチョクラルスキー法、ブリッジマン法など凝固を利用した方法により作製され、多結晶材に比べてコストが極めて高い。

このような状況の下、筆者らは Cu-Al-Mn 合金を特定の温度域で冷却・加熱のサイクル熱処理を施すことにより、結晶粒が異常粒成長することを見出した<sup>4)</sup>。この現象を利用し、微細結晶粒から成る多結晶体を大型単結晶に成長させるミクロ組織制御技術を開発した<sup>5)</sup>。

金属材料は、通常、結晶方位の異なる結晶の集合体である多結晶であるが、結晶粒界はエネルギーが高く、十分な高温では粒界面積を減少させようと結晶粒成長が起きる。その際、結晶粒径の分布が一定範囲内で進行するのが正常粒成長であるが、特定の条件において、いくつかの結晶粒が周囲の結晶粒よりも早く粗大化する異常粒成長が生じることがある。Cu-Al-Mn 合金では、高温からの冷却と加熱を繰り返すサイクル熱処理で異常粒成長が生じる<sup>4)</sup>。

この異常粒成長が生じるメカニズムは、高温の  $\beta$  相から冷却中に  $\alpha$  相が半整合に析出し、 $\alpha$  相周囲の  $\beta$  相に方位差（亜粒界）が生じ、この状態で  $\beta$  単相に加熱すると、亜粒界の粒界エネルギーを主たる駆動力として異常粒成長が起こる<sup>4,5)</sup>。試料の異なる場所でこのような異常粒成長が生じるため、異常粒同士の衝突により、やがて、正常粒成長モードとなる。しかし、再度サイクル熱処理を施すこ

# 形状記憶合金学習教材の開発

北村 一浩

技術教育講座

## Development of Learning Materials for Shape Memory Alloys

Kazuhiro KITAMURA

Department of Technology Education, Aichi University of Education, Kariya 448-8542, Japan

### 1. 研究の背景と目的

中学校技術・家庭科（技術分野）では、平成29年告示の学習指導要領によると、「A 材料と加工の技術」、「B 生物育成の技術」、「C エネルギー変換の技術」、「D 情報の技術」の4つの教育内容が示されている。これらのうち、「C エネルギー変換の技術」の「(1) 生活や社会を支えるエネルギー変換の技術について調べる活動などを通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。」の「ア 電気、運動、熱の特性等の原理・法則と、エネルギーの変換や伝達等に関わる基礎的な技術の仕組み及び保守点検の必要性について理解すること。」では、「エネルギーの変換、効率及び損失の意味、電気に関わる物性、電気回路及び電磁気の特性、機械に関わる運動、熱及び流体の特性等のエネルギー変換についての原理・法則と、自然界にあるエネルギー源から電気エネルギーへ力学的エネルギーへの変換方法、電気エネルギーの供給と光、熱、動力、信号等への変換方法、力学的エネルギーの多様な運動の形態への変換と伝達方法等の基礎的なエネルギー変換の技術の仕組みと、それを支える共通部品や製品規格等の役割について理解することができるようとする。」とある<sup>(1)</sup>。一方、平成26年度中学校・技術・家庭科に関する第3回全国アンケート調査（技術分野）調査報告書によると、「B エネルギー変換に関する技術」（旧分類）では、製作する題材の分野は、電気が74.5%、機械が2.8%、電気と機械の両方が20.7%となっており、このアンケート調査からもわかるように、「エネルギー変換に関する技術」の分野では、機械の題材を取り上げることが少ない<sup>(2)</sup>。一方形状記憶合金は、T社の中学校技術・家庭（技術分野）の教科書に「新しい素材」として、携帯電話のアンテナ（超弾性効果を利用）とロボットのアーム（形状記憶

特性を利用）が掲載されており<sup>(3)</sup>、技術科の教材に適用しやすい材料である。

形状記憶合金は、「エネルギー変換に関する技術」の分野の教材に応用可能な題材であると考えられるが、形状記憶効果をわかりやすく説明する教材はほとんどない。そのため本論文では、中学校・技術科の「エネルギー変換に関する技術」の機械分野の教材の一例として、形状記憶合金の持つ「形状記憶効果」と「超弾性効果」を学習する教材の開発を目的としている。

### 2. 形状記憶合金について

形状記憶合金は、温めると元の形状に戻る材料で、熱エネルギーを運動エネルギーに変換することができる、固相エネルギー変換材料である。このような金属は20種類以上が報告されている。その中で、疲労寿命が長く、一番多く実用化されている合金がTi-Ni系合金である。本合金は、TiとNiの配合組成を変えることにより、元に戻る温度（逆変態温度という）を-100°Cから100°Cまで変化させることができる。また、形状記憶熱処理の手順を変えることにより、逆変態温度を変化させることもできる。本研究では、この方法を用いて、逆変態温度を変化させた。形状記憶合金は、室温が逆変態温度以上か以下で、力学特性が大きく異なる。逆変態温度が室温よりも高い材料は「形状記憶特性」を持ち、逆変態温度が室温以下の材料は「超弾性特性」を持つ。そのため、形状記憶特性を理解させる教材を開発するとともに、形状記憶特性と比較して力学特性の理解が難しい、超弾性特性の教材の開発も大変重要である。そのため、形状記憶特性と超弾性特性両方の力学特性を理解させる教材の開発を行なった。

### 3. 形状記憶効果について

形状記憶効果は、材料を逆変態温度以上に加熱を行うことにより、あらかじめ記憶した形状に戻る効果を言う。この効果は、「形状記憶効果」として一般的に知られている。この効果を利用して、携帯電話のカメラのピント調整機構や、シャワーの温度調節機構に応用されている。

### 4. 超弾性効果について

「超弾性効果」は、逆変態温度が室温以下の材料で発現し、室温ではあらかじめ記憶された形状になっている。この材料に力を加えると形が変わるが、力を取り除くと瞬時に記憶した形状に戻る。この現象は金属の弾性変形に似ているが、変形可能量が弾性変形の100倍以上あるため、「超弾性効果」と呼ばれる。



図 1. 形状記憶合金の特性を理解する教材



図 2. 形状記憶特性バネ（左側のバネ）をヘアドライヤーで  
加熱を行った時の教材の概要

## 5. 学習教材について

図1に今回開発した形状記憶合金教材を示す。この学習教材は、四角形状のペットボトルの1面をカッターナイフで切り取り、その中にバネの形に形状を記憶させたTi-Ni合金が配置されている。教材に用いたバネは、吉見製作所製の直径0.3mmの未記憶材（形状記憶特性）をM12のボルトに巻きつけ、2種類の熱

処理を施すことで作製した。「形状記憶特性バネ」は、電気炉の中で、400°Cで1時間加熱を行なった後、直ちに水中に急冷を行うことで作製した。「超弾性特性バネ」は、電気炉の中で、400°Cで1時間加熱を行なった後空気中に数秒保持し、その後水中に急冷を行うことで作製した。今回作製した教材では、左側に「形状記憶特性」のバネを、右側に、「超弾性特性」のバネを配置した。バネの下端にはボルトとナットを組み合

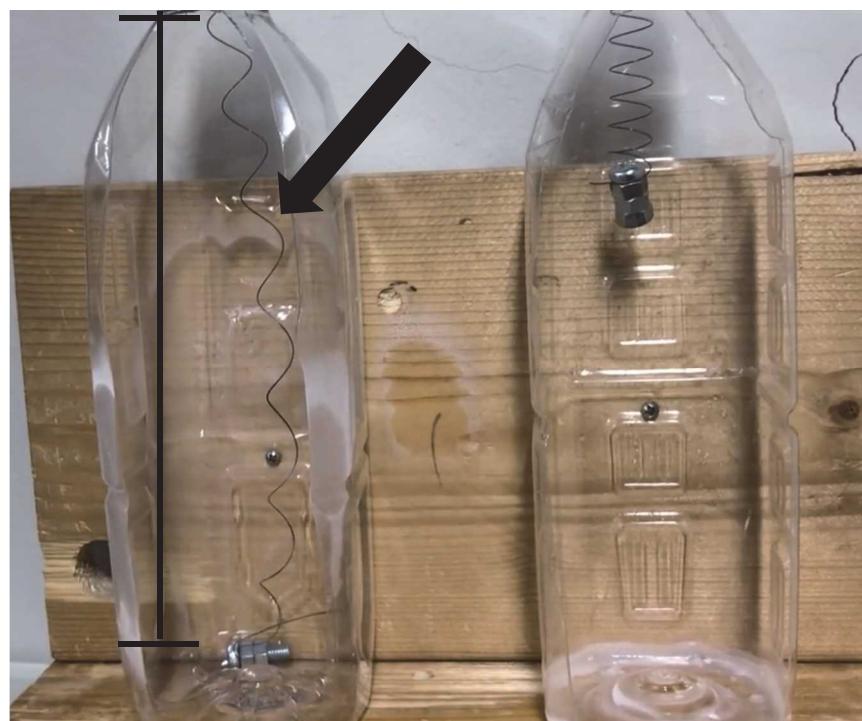


図3. 形状記憶特性バネを冷却スプレーで冷却を行った時の教材の概要



図4. 形状記憶特性バネを冷却スプレーで冷却後  
ヘヤドライヤーにより加熱を行なった時の教材の概要

わせたおもりをそれぞれ取り付けた。

本教材では、2種類の違う特性の形状記憶合金バネに対して、冷却スプレーで冷却、ヘアドライヤーで加熱を行うことでバネの動きを観察し、形状記憶合金の「形状記憶特性」と「超弾性特性」を学習できるようになっている。

## 6. 形状記憶特性バネの動作

図2から図5に「形状記憶特性バネ」の冷却・加熱による動きを示す。図2は、形状記憶特性バネ（左側のバネ）をヘアドライヤーで加熱を行った時の教材の概要を示している。加熱によりバネが縮み、おもりが



図 5. 形状記憶バネを加熱後に自然冷却を行なった時の教材の概要



図 6. 超弾性特性バネを室温からヘヤドライヤーで加熱を行った時の教材の概要

上昇する様子が見て取れる。図3は、形状記憶特性バネに対し冷却スプレーで冷却を行った時の教材の概要を示している。冷却により、バネが室温よりもさらに伸びる様子が見て取れる。図4は、形状記憶特性バネを冷却スプレーで冷却後、ヘヤドライヤーにより加熱

を行なった時の教材の概要を示している。バネは加熱により、記憶した短いバネの形に戻る。図5は、形状記憶バネを加熱後に自然冷却した時の教材の概要を示している。自然冷却によりバネが伸び、バネは初期の長さに戻る。本教材により、形状記憶特性バネの一連

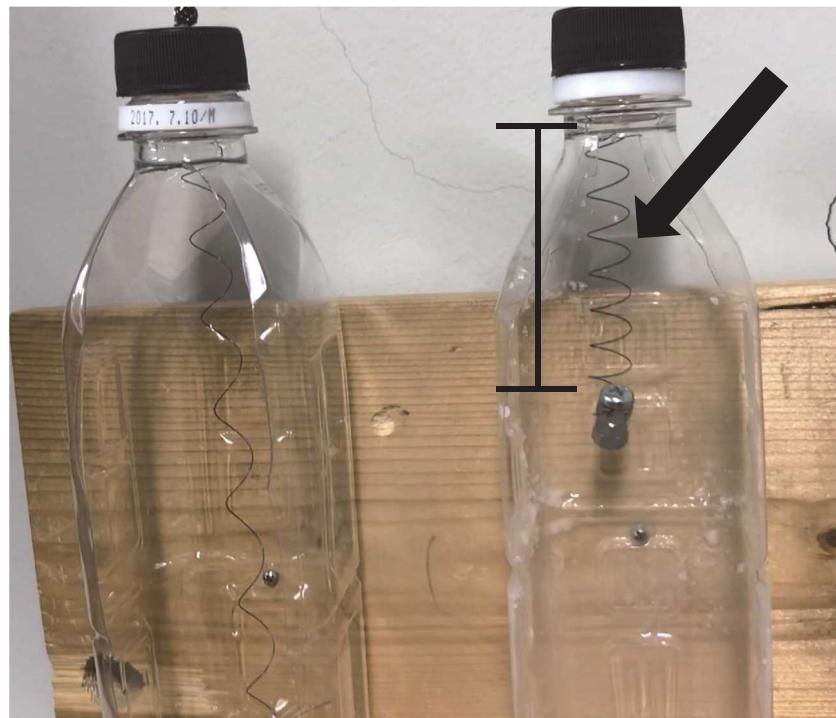


図7. 超弾性特性バネを冷却スプレーで冷却した時の教材の概要

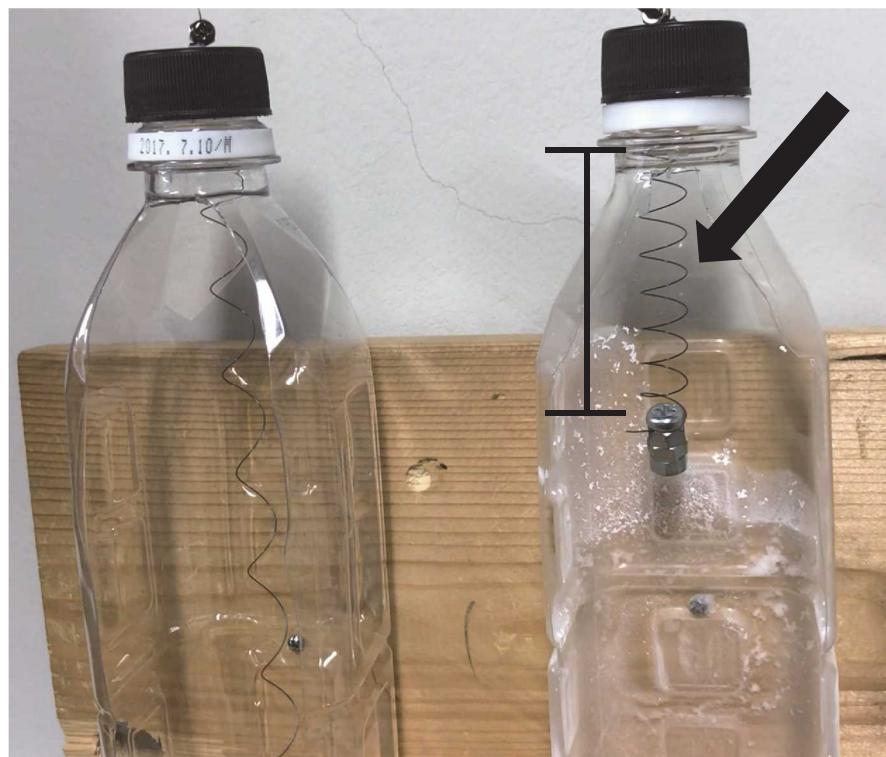


図8. 冷却スプレーで超弾性バネ冷却後 室温で自然加熱を行なった時の教材の概要

の動作を実際に観察することが可能な教材を開発することができた。

## 7. 超弾性特性バネの動作

図6から図8に「超弾性特性バネ」の動作を示す。図6は、超弾性特性バネ（右側のバネ）を室温からヘヤドライヤーで加熱を行った時の教材の概要を示している。加熱によりバネの長さが短くなり、おもりが上昇する。図7は、冷却スプレーで超弾性バネを室温から冷却した時の教材の概要を示している。冷却によりバネが長くなり、おもりが下降する。図8は、超弾性特性バネを冷却後、室温で自然加熱を行なった時の教材の概要を示している。自然加熱により超弾性特性バネは初期の形状に戻っていることが見て取れる。このように、理解が難しい「超弾性特性」を冷却・加熱によりバネが伸び縮する様子を本教材で観察することにより、「超弾性特性」の理解を深めた。

本教材により、超弾性特性バネの動作を学習させる教材の開発に成功した。

## 8. 結 論

本研究により、中学校 技術・家庭科（技術分野）の「C エネルギー変換の技術」の、機械分野のエネルギー変換教材の一例として「形状記憶合金学習教材」を提案した。本教材により、形状記憶合金には「形状記憶特性」と「超弾性特性」の異なる2つの特性があり、これら2つの特性の違いを、バネを冷却スプレーで冷却・ヘヤドライヤーで加熱することにより実験観察可能な教材を開発した。この教材を2019年7月下旬及び8月上旬に実施した技術科教員研修で、現職教員に提案した所、教師が生徒に示す教材として有用であるとの評価を頂いた。

## 文 献

- (1) 文部科学省:中学校学習指導要領解説技術・家庭編 pp.1-41 (2017)
- (2) 全日本中学校技術・家庭科研究会研究調査部、日本産業技術教育学会、公益社団法人 全国中学校産業教育教材振興協会:平成26年度中学校 技術・家庭科に関する 第3回全国アンケート調査【技術分野】調査報告書<http://ajgika.ne.jp/doc/2015enquete.pdf> (accessed 2018-09-22)
- (3) 加藤幸一、永野和男 他 文部科学省検定済教科書 新しい技術・家庭 技術分野、東京書籍 (2011)、pp.33

(2019年9月24日受理)

# 形状記憶合金を使った工作キット教材の開発

北村 一浩

技術教育講座

## Development of Craftworking Kit Teaching Materials using Shape Memory Alloy

Kazuhiro KITAMURA

*Department of Technology Education, Aichi University of Education, Kariya 448-8542, Japan*

### 1. 工作キット教材の開発背景

愛知教育大学・技術教育講座では2002年から、「たのしいものづくり」の活動の一環として、「大学版ものづくり教室」や「出前版ものづくり教室」の活動を行なっている。この取り組みは2005年から2008年までは愛知教育大学「特色ある大学教育支援プログラム(GP)」採択事業として、2009年から2012年は愛知教育大学「科学・ものづくり教育推進に関する拠点づくりの取り組み」事業、2013年から2018年は北海道教育大学、愛知教育大学、東京学芸大学、大阪教育大学を中心に、教員養成教育が共通して抱える諸課題を協働して解決できる体制を作り、全国教員養成系大学とのネットワークを構築し、教員養成の高度化の支援システムを構築する「大学間連携による教員養成の高度化支援システムの構築(HATOプロジェクト)」(国立大学改革強化推進事業)の一環である「理科離れ克服の科学・ものづくり教育の推進プロジェクト」で行われた。一方筆者の北村は前任校で、2007年から形状記憶合金を使った出前授業を小学生に対して行なった。また2009年に愛知教育大学に異動後、形状記憶合金を使ったものづくり教室を現在まで行なっている。今回の工作キットの共同開発のきっかけは、このようなものづくり教室の取り組みが元になっている。

### 2. 形状記憶合金を用いたものづくり教室<sup>1)</sup>

大学版ものづくり教室では、実際に形状記憶合金で動くおもちゃを作ることにより、あたためるとあらかじめ記憶した形状に戻る「形状記憶合金」を実際に触れる体験とともに、製作の中で色々な工具を扱うことにより、機械に関するものづくりの体験を重視して取り組んでいる。2009年は、「形状記憶合金で熱エンジ

ンをつくろう」と題して、大小2つのブーリの間に、環状につなげた直線記憶されている形状記憶合金ワイヤを引っ掛け、ブーリの片方をお湯に浸けると、形状記憶効果によりブーリが回転するものづくりを行った。形状記憶合金を使った熱エンジンのものづくりの一例を図1に示す。

2010年からは、「形状記憶合金でおもちゃを作ろう」の内容を新たなテーマとして加えた。このものづくりは、形状記憶合金ワイヤの電気抵抗が高い性質を利用して、ばね形状に記憶された形状記憶合金に通電を行うことで自己発熱が起こり、おもりが上下するおもちゃである。図2は、形状記憶合金でおもりが上下するおもちゃのものづくりの構成例である。

### 3. 工作キット教材開発の経緯

形状記憶合金を使った工作キット教材の共同開発は、愛知県大府市の形状記憶合金の加工・販売会社である(株)吉見製作所から提案されたことがきっかけ

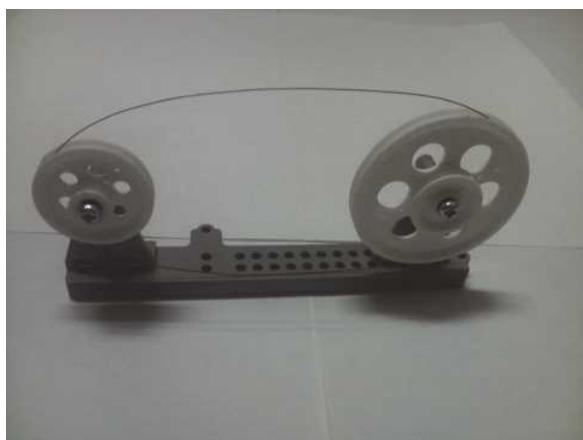


図1. 形状記憶合金を使った熱エンジンのものづくり

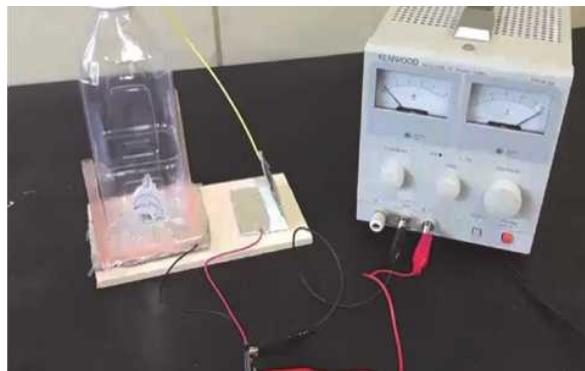


図2. おもりが上下するおもちゃのものづくり

である。この工作キットは、夏休みの自由研究向けとして企画された。共同開発は、2018年10月から北村研究室の修士1年生1名と技術専攻の3年生3名、筆者の北村でスタートした。開発会議は平均月2回のペースで行われた。開発会議では、吉見製作所の社員の方と学生で工作キットのアイデア出しを行い、工作キットの内容は大学版ものづくり教室の内容を基に開発を行うことに決まった。共同開発を行った学生は、教育実習の経験から、夏休みの自由研究で子どもがどのような工作を作りたいと思うかを考え、社員の方とアイデア出しを行った。また社員の方は、自由研究用工作キットのニーズ調査を行った。学生は本共同開発により、アイデア出しやニーズ調査、コスト計算、パッケージデザインなどの製品化のプロセスを実際に体験し、教材開発の貴重な経験を得た。

#### 4. 工作キット①「動け宇宙」の概要

工作キットの第一弾として、「動け宇宙」が2019年7月に（株）吉見製作所から発売された。男の子は宇宙に興味があることが多いため、第一弾は宇宙をテーマにした内容となった。キットに入っている壁紙は、月面を背景にスペースシャトルや宇宙飛行士が上下するテーマとなっている。その他の壁紙は吉見製作所のホームページからダウンロードすることができる。太陽系やUFOの宇宙をテーマにした壁紙以外に、海や草原、花畑などのテーマが用意されており、男の子以外でも楽しめる内容となっている。キットには、形状記憶合金ばね、鉄製おもり、磁石、シール付きアルミ板、電池ボックス（電線付）、チューブ、プラスチック容器、取扱説明書（形状記憶合金の解説、背景（飾り付け用紙付き））が入っている。本キットの動作原理を図3に示す。形状記憶合金ばねはプラスチック容器の上部から吊るされており、ばね下部には鉄製のおもりが接続されている。上下の電極の間は電線で電池とつながっており、形状記憶合金ばねに直接通電を行うことで、おもりが勢いよく飛び上がる。おもりが飛び上がると、電流が流れなくなり、ばねが冷え、おも

りの重さでばねが伸びる。ばねが伸びると再び下部の電極に接触し、再びバネが温められ、ばねが縮む。この動作を繰りかえすことにより、おもりが上下する仕組みになっている。工作キット①「動け宇宙」の外観を図4に、キットに入っている部品を図5に示す。

#### 5. 工作キット②「ねんどる岡田ひとみのおどるパンケーキ」の概要

工作キットの第二弾として、ねんどのデザインの監修をたくさん行っており、ねんどるとして活動されている岡田ひとみさんとのコラボレーションで、「ねん

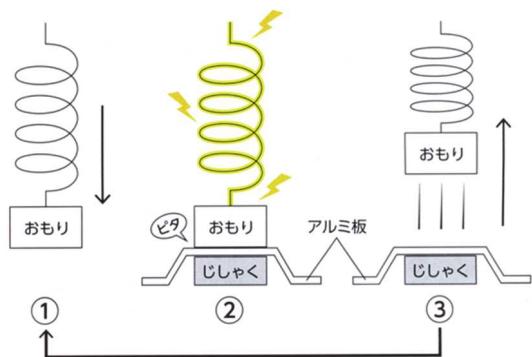
図3. 工作キットの動作原理<sup>2)</sup>

図4. 工作キット①「動け宇宙」の外観



図5. 工作キットに入っている部品

ドル岡田ひとみのおどるパンケーキ」が発売された。第二弾のキットは、第一弾のキットの部品の他に、キッチンをイメージした背景と、ねんどのレシピ(パンケーキ、ミトン、お花、フライパン、オタマ、フライ返し、泡立て器、時計)が入っている。このキットでは、形状記憶合金で動く仕組みを作った後、レシピに従ってねんどを作る。ねんどで作ったパンケーキは鉄製のおもりの上に乗せ、そのほかのねんどは、キットの背景に貼り付ける。図6に、工作キット②「ねんドル岡田ひとみのおどるパンケーキ」の外観を、図7に完成した工作キットの外観を示す。

## 6. 「動け宇宙」のものづくり教室の実践

第23回おおぶふれあいゼミナール（2019年7月20日（土）～8月27日（火））の一環として行われた「親子で学ぼう！形状記憶ラボ」において、工作キット第一弾「動け宇宙」のものづくり教室が、おおぶ文化交流の杜アローブギャラリーで8月9日（形状記憶合金の日）と8月23日の2回行われた。8月9日の会には筆者の北村が、8月23日の回には、北村ゼミの学生が参加した。参加した学生は、ものづくり教室において、工具の使い方などを小学生へ指導する経験を積むこと



図6. 工作キット②  
「ねんドル岡田ひとみのおどるパンケーキ」の外観



図7. 完成した工作キット②の外観<sup>3)</sup>

ができた。図8に、8月9日に行われたものづくり教室の様子を示す。

## 7. 「ねんドル岡田ひとみのおどるパンケーキ」のものづくり教室の実践

2020年2月2日（日）「ねんど×かがく つくって学ぼう in 愛知教育大学」が、愛知教育大学美術第一実習棟1階、工芸実習室で開催された。このイベントは、吉見製作所と共同開発した工作キットの第二弾「ねんどる岡田ひとみのおどるパンケーキ」の発売を記念して開催された。イベントは、午前と午後の2回行われ、あわせて135人が参加した。ものづくり教室では、まず岡田ひとみさんの指導で、工作キットのおもりの上に乗せる可愛らしく美味しいねんどのパンケーキを制作した。次に、筆者の北村が形状記憶合金と工作キットの動作原理について説明した。次に、社員の方による工作キットの製作の説明が行われた。参加者は、社員の方の説明をもとにキットを完成させた。キットは、鉄製のおもりの上に、ねんどのパンケーキを乗せ



図8. 「動け宇宙」のものづくり教室の様子<sup>4)</sup>



図9. 愛知教育大学でのものづくり教室の様子

完成となるが、ねんどが乾くまでの時間がかかるため、  
キットの完成は自宅となった。ものづくり教室の様子  
を図9に示す。

## 6. 結 論

本稿では、地元企業と北村ゼミの学生及び筆者の北村が共同開発を行った、形状記憶合金を使った工作キット教材の開発についての内容を紹介し、共同開発やものづくり教室での学生への教育効果について述べた。今回の取り組みにより、学生は教材の製品化のプロセスを体験するとともに、開発した教材の効果をものづくり教室での実践を通して確かめる等の開発者として、教員志望者として貴重な機会となった。

## 文 献

- 1) 仁井貴文:まてりあ, Vol. 55 No.3 p.117 (2016)
- 2) 吉見製作所:工作キット①「動け宇宙」取扱説明書 p. 2
- 3) 吉見製作所:<https://www.yoshimi-inc.co.jp/products/pancake.php/>
- 4) 吉見製作所:[https://www.yoshimi-inc.co.jp/products/kejokioku\\_labo.php/](https://www.yoshimi-inc.co.jp/products/kejokioku_labo.php/)

(2020年 9月24日受理)